



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
VASA YRKESHÖGSKOLA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Janne Saijonkivi

LEAN-SOLU WÄRTSILÄN LOHKOKONEISTUKSESSA

Tekniikka ja liikenne
2015

TIIVISTELMÄ

Tekijä Janne Saijonkivi

Opinnäytetyön nimi Lean-solu Wärtsilän lohkokoneistuksessa

Vuosi 2015

Kieli suomi

Sivumäärä 34 + 6 liitettä

Ohjaaja Pertti Lindberg

Tämä opinnäytetyö on tehty Wärtsilä Finland Oyj Abp:n Delivery Center Vaasan lohkokoneistuksen verstaalle. Opinnäytetyön aiheena oli kehittää toimiva lean-solu Kolb Pentamat portaaliijysinkoneen ympärille. Työn tarkoitus on lyhentää läpimenoaikaa, poistaa turhaa työtä ja parantaa lohkon laatua. Joitakin työvaiheita tullaan kokonaan poistamaan, kuten moottorilohkon peseminen ennen tarkastamista. Moottorilohkolle tullaan joka työvaiheessa tekemään työtä joka jalostaa lohkoa asiakkaan näkökulmasta. Laadun tarkastusta tullaan myös lisäämään joka työvaiheeseen. Työntekijöistä tulee monitaitoisempia, koska jokainen joutuu tekemään solun kaikkia töitä. Lohkokoneistukseen tullaan siirtämään myös runkolaakereiden satuloiden laakeriliuskojen asennus ja nokkakäytävänlaakerien asennus.

Opinnäytetyössä käytiin kaikki lohkokoneistuksen työvaiheet läpi. Opinnäytetyössä selvitettiin missä määrin lean-tuotantoa voitaisiin soveltaa moottorilohkon valmistuksessa. Selvitettiin voisiko valimo mahdollisesti piirroittaa lohkot ja kuljettaa ne suoraan lohkokoneistukseen ilman välivarastointia. Tehtäväkuvausta ja miehitystä työvaiheisiin käytiin läpi. Joitain työvaiheita tulisi yhdistää. Vastuuta tullaan siirtämään enemmän työnsuorittajalle. Lopuksi esitin moottorilohkon jalostustason nostamista siten, että laakeriliuskat asennettaisiin lohkokoneistuksessa.

ABSTRACT

Author	Janne Saijonkivi
Title	Lean Cell in Wartsila Engine Block Manufacturing
Year	2015
Language	Finnish
Pages	34 + 6 Appendices
Name of Supervisor	Pertti Lindberg

This study was made for Wärtsilä Finland Oyj Abp Delivery Center Vaasa engine block manufacturing. The subject of this thesis was to develop a functional lean cell around the Kolb Pentamat portal machining centre. The purpose was to shorten the lead time, eliminate unnecessary work and to improve the quality of the block. Some of the work phases will be completely eliminated, such as the engine block washing before the quality check is made. The objective was that only such work is done which adds value from the customer point of view. Amount of quality control will also be increased in every work phase. Workers will become multi-skilled, because they have to do all work phases in each cell. Some work phases will be transferred to the engine block workshop, namely the installation of main bearing cap shells and the installation of cam shaft bearing shells.

This thesis examines the arrival of engine block casting to the workshop, pressure test of engine block and all work phases in between to evaluate if lean production is suitable to use in our workshop. It was also studied if it could be possible for the foundry to make marking of the block and to carry them directly to the block manufacturing without having any intermediate storages. Also task description and manpower for the different work phases were evaluated.

As a conclusion some work phases should be combined and more responsibility be given to the employee doing the specific task. Finally it is proposed that the level of processing is raised in the engine manufacturing block by assembling the bearing shells as a part of block machining phase.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	6
2	YRITYS	6
	2.1 Wärtsilä.....	6
	2.2 Wärtsilän lohkokoneistus Vaasassa.....	7
3	LEAN.....	8
4	TÄMÄNHETKINEN TAPA TOIMIA.....	9
5	LÄPIMENOAJAT	11
6	MOOTORILOHKON TUONTI VERSTAALLE.....	12
	6.1 Lohkot tuodaan lämpimästä varastosta.....	12
	6.2 Lohkon tilaus verstaalle	12
	6.3 Valimon piirroittama	13
	6.4 Lohkokoneistuksen piirroittama.....	13
	6.5 Kiinnitys palettiin	14
7	KONEISTUS JA SATULOIDEN ASENNUS	15
	7.1 Ensimmäinen vaihe	15
	7.2 Ensimmäisessä vaiheessa tehtävät tarkastukset	15
	7.3 Satuloiden asennus 1. vaiheen jälkeen	16
	7.4 Asennustapa 1	17
	7.5 Asennustapa 2	17
	7.6 Runkokäytävän viimeistely paletissa	17
	7.7 Mahdolliset haasteet	18
	7.8 Koneistus käyntiasennossa.....	18
	7.9 Tapa 2 koneistetaan vielä runkokäyrävä.....	18
8	ENSIMMÄINEN PESU POISTETAAN.....	20
	8.1 Ensimmäisen pesun ongelmat.....	20
	8.2 Puhdistus ilman pesua	20
9	RUNKOKÄYTÄVÄN SATULOIDEN ASENNUS TAPA 2.....	21
	9.1 Purseen poisto ja mittaukset.....	21
	9.2 Satuloiden asennus	21

10	TARKASTUSKUNTOON LAITTO.....	22
11	LOHKON TARKASTUS	23
11.1	Muutos vanhaan	23
11.2	Dokumentaatio paikat.....	23
12	LOHKON PURKU JA VIIMEISTELY	24
12.1	Purku ja viimeistely.....	24
12.2	Loppupesu.....	24
12.3	Runkolaakeri satuloiden loppupesu.....	25
13	KOEPONNISTUS	26
13.1	Lopputarkastus pois.....	26
13.2	Koeponnistus.....	26
14	JALOSTUSTASON NOSTAMINEN	28
14.1	Runkolaakeriliuskojen asennus	28
14.2	Muuta jalostamista	28
15	ERI VAIHTOEHTOJEN VERTAILUA	29
16	VUOROJÄRJESTELMÄ	31
16.1	Miehitys kuhunkin tehtävään	31
16.2	Työtehtävän kuvaus.....	32
16.3	Kehitys ehdotuksia	33
	LÄHTEET	34
	LIITTEET	

1 JOHDANTO

Wärtsilän lohkokoneistukseen tehdään portaaliijysinkoneelle Kolb Pentamat uudelleenpäivitys. Tämän jysinkoneen ympärille pitäisi suunnitella lean-solu joka lyhentää moottorilohkon läpimenoajan lohkokoneistuksesta niin, että jokainen työvaihe sisältää jalostavaa työtä.

Moottorilohkon laatutaso pitäisi saada myös vaadittavaan tavoitteeseen. Laatutavoite on 1.5 virhettä/lohko ja indeksinä 3/lohko. Tämä tarkoittaa laatu vastuun siirtymistä enemmän työn suorittajalle ja enemmän lohkokoneistukseen. Laatuosasto hoitaa tarkastukset yksin lähes kokonaan tällä hetkellä.

Lohkokoneistuksen kilpailukykyä pitäisi parantaa ulkopuolisiin toimittajiin verrattuna. Lisäksi tulee mukaan strategian mukaista joustavuutta ja yrittäjähenkisyyttä. Lohkon virtausta tullaan muuttamaan leanin mukaisesti ohuemmaksi. Tämä tarkoittaa turhan työn eli hukan poistamista. Lohkon jalostustasoa tullaan nostamaan.

Tavoitteena olisi asentaa runkolaakerin laakeriliuskat jo lohkokoneistuksessa. Tällä hetkellä asennus suoritetaan asennuslinjalla. Tämä tulisi lisäämään monitaitoisuutta ja parantaisi laatua lohkokoneistuksen asiakkaan eli asennuslinjan näkökulmasta.

2 YRITYS

2.1 Wärtsilä

Wärtsilä on kansainvälisesti johtava merenkulun ja energiamarkkinoiden voimaratkaisujen toimittaja, joka tukee asiakasyrityksiä tuotteiden koko elinkaaren ajan. Wärtsilä maksimoi alusten ja voimalaitosten ympäristötehokkuuden ja taloudellisuuden keskittymällä teknologisiin innovaatioihin ja kokonaishyötysuhteeseen. Vuonna 2013 Wärtsilän liikevaihto oli 4.7 miljardia euroa ja henkilömäärä noin 18 700.

Tänä vuonna Wärtsilä täyttää 180 vuotta. Tarinamme alkaa vaatimattomassa karjalaiskylässä nimeltä Wärtsilä. Yrityksestä on kasvanut johtava energiamarkkinoiden voimaratkaisujen toimittaja ja teknologiainnovaattori niin maalla kuin merellä. Tänä päivänä palvellaan asiakkaita yli 200 toimipisteessä lähes 70 maassa eri puolilla maailmaa. Enemmän kuin koskaan uskomme, että Wärtsilällä on tärkeä rooli kehitettäessä teknologioita, jotka hyödyttävät maailmaa tulevaisuudessa./1/

2.2 Wärtsilän lohkokoneistus Vaasassa

Lohkokoneistuksessa työskentelee tällä hetkellä 52 työntekijää ja 8 toimihenkilöä. Osastoon kuuluu 3 porttaaliijysinkonetta joista 2 on Waldrick Coburg-merkkisiä ja 1 on Kolp pentamat. Osastolla on myös 2 piirroituspaikkaa, 3 tarkastuspaikkaa, 3 koeponnistuspaikkaa ja 3 viimeistelypaikkaa. Lohkokoneistus pystyy valmistamaan lohkoja jotka ovat jääneet jo pois nykyisestä tuotevalikoimasta, kuten TK 14, TS 24, Vaasa 22/26 ja Vaasa 32/34. Näitä lohkoja toimitetaan lähinnä huollolle. Tämän päivän tuotteitamme ovat Wärtsilä 32/34, Wärtsilä 31 ja Wärtsilä 20 joka tulee pääsääntöisesti alihankkijalta.

3 LEAN

Lean ei ole tila, johon pyritään. Se on jatkuva oppimisen ja kehittymisen prosessi. Matka alkaa oppimalla lean-tekniikoita ja ymmärtämällä niiden periaatteet elävänä ja ainaisesti kehittyvänä järjestelmänä. Yritys saavuttaa merkittäviä tuloksia, kun riittävä määrä prosesseja toimii lean-periaatteiden mukaisesti. Tällöin yritys toimii toisiaan tukevien prosessien verkkona, jota johdetaan sovittujen lean-periaatteiden mukaisesti. Lean-toiminnassa ei ole kysymys joidenkin lean-työkalujen käytön matkimisesta. Siinä on kyse sellaisten periaatteiden kehittämisestä, jotka sopivat omaan organisaatioon, niiden tinkimättömästi soveltamisesta, että korkean suorituskyvyn saavuttamisesta sekä entistä paremman lisäarvon saavuttamisesta asiakkaille ja yhteiskunnalle. /2/

4 TÄMÄNHETKINEN TAPA TOIMIA

Lohko tuodaan lohkokoneistushalliin noin 1 – 2 päivää aikaisemmin kuin piiritys alkaa. Lohko tuodaan ulkovarastosta ja on kylmä vuodenajoista riippuen, tämän takia lohko lämpenee 1 päivän hallissa. Piiritysvaiheessa lohko nostetaan pohja ylöspäin suoraan kiinnityspaletille. Tässä vaiheessa mitataan lohkon koneistustyövarat. Mittaustapoja on 2, lasermittaus jossa laser osoittaa lohkon valussa määrän kuinka paljon on valussa varaa koneistaa. Toinen uudempi tapa on 3D-mittalaite Metronor jossa kamerat kuvaavat mittasauvaa jota siirretään lohkon valussa koneistettaviin paikkoihin ja verrataan 3D-malliin. Molemmilla lohko tulee kiinnitettyä samalla palettiin. Lohkon kiinnityksen jälkeen se jää odottamaan koneistusta.

Koneistus alkaa pohja ylöspäin paletissa. Tätä vaihetta kutsutaan 1. koneistusvaiheeksi. Tämän vaiheen aikana koneistetaan vauhtipyöränpuoleinen pääty lähes kokonaan, pohja kokonaan, kampiluukkujen sivut, runkolaakerien satulan tilat ja koneistetaan runkokäytävä työvaralle. 1. vaiheen valmistuttua lohko irrotetaan paletista ja käännetään 180 astetta ympäri odottamaan 2. vaihetta. Työstökoneella koneistetaan tässä vaiheessa runkokäytävän viimeistely, jos on valmiina odottamassa tai jatketaan suoraan 2. vaiheen koneistuksella. 2. vaiheessa koneistetaan lohkoa vapaa pääty, ylätaso, sivut ja sylinteriputkien tilat. Lohkosta on tässä vaiheessa koneistamatta runkolaakerien pesien viimeistely, nokkalaakerien pesien viimeistely, välihammaspyörien pesien viimeistely ja sokan reikien, jotka ovat näiden mukaan mitoitettut.

2. vaiheen jälkeen lohko kuljetetaan odottamaan 1. pesua. 1. pesu tapahtuu lohkopesukoneella jossa pesunesteet ovat lähes 60 asteisia. 1. pesun jälkeen lohko siirtyy odottamaan ja samalla jäähtymään. Seuraava vaihe on koneistuspurseen poisto ja runkolaakerin satuloiden asennus jonka jälkeen se siirtyy odottamaan viimeistelyvaihetta jossa lohkoa koneistetaan loput. Viimeistelyvaiheen jälkeen lohko imuroidaan, mitataan tarkastajille valmiiksi runkolaakerin pesät, poistetaan viimeistelyssä syntyneet koneistuspurseet, poistetaan mahdolliset viimeistelypukit (käytössä ainoastaan V-mallin lohkoissa) ja nostetaan lohko tarkastuspaikalle odottamaan tarkastusta.

Lohko tarkastetaan laatuosaston toimesta ja lohkoa tarkastetaan runko- ja nokkakäytävän suoruudet, mitataan kaikki reiät jossa on H toleranssi, kierrereikien syvyydet ja kierteiden

laatu, välimittoja, kuten sylinteritasauksista runkokäytävän keskiöön ja pinnanlaadut. Lisäksi tässä vaiheessa tarkastetaan mahdolliset valuviat. Tarkastuksen jälkeen lohko nostetaan purkupaikalle jossa se puretaan ja korjataan mahdolliset tarkastuksessa löydetyt virheet. Purun jälkeen lohko nostetaan odottamaan loppupesua. Pesun jälkeen lohko nostetaan koeponnistuspaikalle jossa se vielä lopputarkastetaan ja koeponnistetaan. Lohkoon koeponnistus tehdään paikkoihin joissa vaaditaan pitävyyttä vedelle tai öljylle. Viimeisenä lohko suojataan rasvalla, kääritään muoviin ja lähetetään varastoon odottamaan kokoonpanon aloitusta. Tämän hetken bufferi varastolohkoilla on 2 viikkoa.

Näin valmistetulla lohkolla on paljon odotusta vaiheiden välillä. Jokaisessa työvaiheessa on omat työntekijät jotka hallitsevat omat työvaiheensa ja joustoja ei juurikaan ole. Toisinaan jostain työvaiheesta on työntekijöitä pois ja tässä vaiheessa työ odottaa tekijäänsä. Lisäksi tarkastusvaihe on liian ratkaiseva läpimenoajan kannalta, työvaiheiden sisällä ei tarkastusta ole tarpeeksi ja vikojen korjaaminen tarkastuksen jälkeen vie aikaa.

5 LÄPIMENOAJAT

Tätä työtä tehdessäni en tiedä vielä tarkkaan työvaiheajoja joten käytän vanhoja ja työtutkimusperiaatteella mitattuja aikoja. Työstökoneen päivityksen jälkeen koneistusajat tulevat varmasti lyhenemään, sillä ei kuitenkaan ole merkitystä tämän työn kannalta. Lisäksi tulen käyttämään työvaiheajoista keskiarvoaikaa, koska muuten tulee liian sekava, jos jokaisesta lohkoista olisi oma seuranta. Esimerkiksi rivimoottorilohkossa on vaiheajat selvästi lyhempiä kuin V-mallin moottorilohkolla. Myöskin kuormaa on vaikea selvittää pitkällä aikavälillä, onko enemmän rivi-vai V-moottoreita valmistettavana.

6 MOOTTORILOHKON TUONI VERSTAALLE

6.1 Lohkot tuodaan lämpimästä varastosta

Tällä hetkellä lohko tuodaan ulkovarastosta verstaalle ja on varsinkin talvisin kylmä. Lohko otetaan yleensä päivää ennen piirroitusta sisään verstaalle lämpenemään. Lohkon nopean läpimenoajan kannalta oli kuitenkin parempi jos lohko tuotaisiin lämpimästä varastosta ja lisäksi lohko olisi varmemmin oikeanlämpöinen koneistuksen alkaessa. Kuitenkin tällaiset varastot ovat harvassa josta löytyisi näin painaville kappaleille kuljettamiseen ja siirtämiseen mahdollisuuksia. Lisäksi varastointi on tällä hetkellä kallista ja juuri sitä poistettavaa hukkaa. Kuljetukset tulevat lähinnä arkipäivisin, kuitenkin tarvetta on myös viikonloppuisin. Toimittajalla tulisi olla mahdollisuus toimittaa lohkoja myös viikonloppuisin JOTin mukaisesti. Eräs hyvä vaihtoehto olisi, että valimo toimittaisi lohkokoneistukseen suoraan lohkot ilman välivarastointia. Ongelmana on, etteivät valimot myöskään haluaisi varastoa heille, eivät ainakaan tarpeeksi suurta meidän kannalta. Valimoiden kanssa voidaan keskustella onko se mahdollista jos heillä olisi meidän viikkotarve- tai kuukausitarvelista. Isona haasteena olisi valimoiden pitkä toimitusaika joka on 6 viikkoa ja rahti päälle. Lohkokoneistuksen on hankala tietää tarkkaa tarvetta 6-7 viikon päähän. Edut valimoiden toimittaessa lohkot suoraan tai lohkot tulisivat lämpimästä varastosta viikon jokaisena päivänä.

- Läpimenoaika lyhenisi 1 päivän
- Välivarasto poistuisi
- Lohkon piirroitus voitaisiin aloittaa JOTin mukaan.

6.2 Lohkon tilaus verstaalle

Tulevaisuudessa työntekijät itse tilaavat moottorilohkot verstaalle. näin toteutuu JOT parhaiten. Tekijät tietävät parhaiten, koska tarvitsevat seuraavaa lohkoa. Tällä hetkellä lohkon tilaa lohko-verstaan kuormittaja joka saa singalin työnjohdolta. Tämä työvaihe tehtäisiin päivää ennen kuin lohko tarvitaan piirroitukseen. Tilaaja voi tarkistaa seuraavan lohkon cockpit-työkalulta, jota päivitetään joka arkipäivä. Koneistajien tehdessä myös piirroitusta, he pystyvät laskemaan tarkasti koska seuraava lohko tarvitaan koneistukseen. Muutokset tämänhetkiseen toimintamalliin

- Turhia työvaiheita poistuisi
- Työn suorittaja tilaisi lohkon JOTin mukaan.

6.3 Valimon piirroittama

Valimon piirroittaessa lohkon jäisi yksi aikaa vievä työvaihe pois ja läpimenoaika paranisi. Arvioidaan hyviä ja huonoja puolia (**Taulukko 1.**).

Taulukko 1. Valimon piirroituksen vertailua.

Hyvää	Haasteita
Lyhempi läpimenoaika.	Valun hinta nousisi jonkin verran, mutta valimolle jäisi arvokasta tietoa
Valimon laadunhallinta helpottuu.	Tiedonkulku
Ei sido omia työntekijöitä piirroitukseen.	Valimoille saatava nopeasti muutosten jälkeen ajanmukaiset kuvat.

6.4 Lohkokoneistuksen piirroittama

Lohkokoneistuksen on jatkossakin hallittava valun työvarojen laskeminen, piirroitus ja nollapisteen määrittäminen. Wärtsilässä suoritettava piirroitus on tällä hetkellä halvempi valimoiden suorittama piirroitus. Onko kuitenkin tarpeellista piirroittaa kaikkea itse? (**Taulukko 2.**)

Taulukko 2. Lohkokoneistuksen piirroituksen vertailua.

Hyvää	Haasteita
Osaaminen säilyy paremmin Wärtsilässä.	Pidentää läpimenoaikaa
Saadaan nopeasti tietoa koneistukseen työvaroista	Perusasiat oltava valimolla kunnossa
3D-mittalaitteella mitattaessa tulokset jäävät Wärtsilään.	Tarvitaan vain uusien toimittajien sisäänajossa

6.5 Kiinnitys palettiin

Lohkon kiinnitys palettiin tapahtuisi kuten aikaisemminkin. Lohko kiinnitettäisiin palettiin ruuviliitoksilla ja lohkon korkeutta säädetään työvaroja lasiessa kappaleen alla olevilla ruuveilla. Tämä tapa on varma ja helppo muuttaa moottorilohkon mallista riippuen. Kiinnityspaikan tulisi olla mahdollisimman lähellä ovea josta lohkot tulevat verstaalla ja toisaalta myös lähellä työstökonetta. Näin säästyy aikaa turhan pitkiltä nostoilta. Tulevaisuudessa lohkot tullaan kiinnittämään hydraulikkakiinnittimillä palettiin.

7 KONEISTUS JA SATULOIDEN ASENNUS

7.1 Ensimmäinen vaihe

Koneistus tapahtuisi lähes kuten aikaisemminkin. Tärkeimpänä muutoksena olisi saada runkolaakerin satulan sijojen mitat pysymään hallinnassa. Tällä hetkellä lohko menee koneistuksen 2. vaiheen, pesukoneen ja purseen poiston kautta satulansijojen mittaukseen. Ongelmana on satulansijojen mitan muuttuminen, yleensä hieman suuremmaksi, puhutaan 0,01 mm – 0,07 mm maksimissaan. Syytä tähän on vaikea sanoa. Onko kyseessä lämpölaajeneminen vai koneistusjännityksien muuttuminen? Mitan ollessa toleranssin ulkopuolella on runkolaakerin satula valittava välyksen mukaan. Satulansijan ollessa yli toleranssin, on valittava satula joka on toleranssin yläpäässä ja näin välys on toleranssissa. Tämä vaihe vei aikaa varsinkin jos oikean kokoista satulaa ei heti löytynytään ensimmäisestä lavasta. Voitaisiin tehdä testikoneistus satulansijoihin, voitaisiin pienentää kiristysmomenttia niin pieneksi, että lohko pysyy vielä kiinni. Tämän ollessa 1. vaiheen viimeinen koneistus ei tulisi koneistusvoimia juurikaan, joten kiristysmomentti voisi olla pienempi. Näin koneistusjännityksistä voitaisiin päästä jonkin verran eroon. Etuja olisi:

- laadun hallinta helpottuisi
- läpimeno aika paranisi.

7.2 Ensimmäisessä vaiheessa tehtävät tarkastukset

Lohkoa tarkastettaisiin jo koneistuksen aikana josta tehtäisiin myös tarkastuslista jossa olisi tekijöiden viralliset puumerkit. Näitä ei tarvitsisi enää tarkastaa tähän varatulla tarkastuspaikalla. Suurin osa virheistä saataisiin kiinni lähes välittömästi, aivan kuin leanissa on tarkoitus, huonoa laatua ei pääsisi eteenpäin. Aikaa näihin mittauksiin kuluisi vain joitain minutteja joten sillä ei olisi suurtakaan merkitystä koneistusaikaan. Mahdollisen virheen löytyessä, virhe saataisiin korjattua välittömästi, ei tarvitsisi tehdä myöhemmin uutta asetusta lohkolle korjausta varten. Tarkastettavia paikkoja olisi:

- kierrereiät, ensimmäinen ja viimeinen
- pinnan karheus ja mahdolliset koneistuspykälät
- toleroidut reiät, ensimmäinen ja viimeinen
- työstökoneen geometria.

7.3 Satuloiden asennus 1. vaiheen jälkeen

Satuloden asennus tässä vaiheessa poistaa yhden työvaiheen ja satulan sijojen välimitta on paremmin hallittavissa. Vielä ei tiedetä tarpeeksi hyvin mitä tämä vaikuttaisi lohkon geometriaan. Tässä on kuitenkin useimpia tapoja tehdä tämä työvaihe ja ongelmat pystytään varmastikin ratkaisemaan esimerkiksi aivoriihessä, johon osallistuisivat lohkokoneistuksen kaikista ammattikunnista henkilöitä. Ensimmäisien lohkojen runkokäytävän koneistus olisi tehtävä noin 0.5 mm alle nimellismittaan. Lohko voitaisiin tarkastaa tämän jälkeen pienillä muutoksilla lasermittalaitteiden runkoihin ja lohko voitaisiin koneistaa uudelleen tämän testin jälkeen.

7.4 Asennustapa 1

Kolb Pentamatissa on kaksi koneistukseen tarkoitettua pöytää, joista toisessa on koneistus menossa ja toiseen voidaan tehdä asetusta. Tämä antaisi mahdollisuuden asentaa runkolaakerien satulat jo tässä vaiheessa. Koneistuksen 1. vaiheen päättyessä aloitetaan koneistamaan toisella pöydällä olevaa 2. vaihetta ja tällä välin asennetaan satulat lohkon nostamatta sitä edes pöydästä. Näin säästyisi varmasti eniten aikaa ja lohkon nostoja ei tulisi ollenkaan tässä vaiheessa. Haasteita olisi lohkon puhtaaksi saaminen ja työturvallisuus liukkaudesta johtuen. Nykyään on mahdollista saada todella hyviä liukuesteitä ja työtasoja, jotka olisi suunniteltu pöydän urien mukaan. Puhdistus voitaisiin toteuttaa esimerkiksi imuroimalla, leikkuunestesuihkuilla, paineilmalla ja liinoilla pyyhkimällä. Ideana olisi se, että lohkon sijaan työntekijät siirtyisivät, mikä olisi huomattavasti vaivattomampaa. Purseen poisto olisi tietenkin suoritettava niiltä osin kuin mahdollista jo tässä vaiheessa. Satulat toimitetaan logistiikan toimesta silloin kun niitä tarvitaan, oikea määrä, oikeaan paikkaan, oikeaan aikaan ja oikealaatuisia. Työn tässä vaiheessa ei vielä tiedetty täysin tiedä kuinka

koneen suojaverhot vaikuttavat asetusten tekoon koneen käydessä. Tässä vaiheessa tehtävät mittaukset:

- satulan sijojen välimitta ja kohtisuoruus, ei mitattaisi enää myöhemmin
- M56 tai M60x4
- mahdolliset näkyviin tulevat valuviat.

Tämä kaikki pitäisi tehdä 2. vaiheen koneistuksen aikana. 2. vaiheen jälkeen alkaisi runkokäytävän viimeistely. Tuotekehityksen kanssa olisi selvitettävä mahdollisuus asentaa useampi satula kerralla paikoilleen. Tämä vaatisi nostotyökalun monelle satulalle samaan aikaan. Logistiikan olisi tuotava satulat valmiissa nostotyökaluissa meille.

7.5 Asennustapa 2

Lohko irrotetaan paletista, pyöritetään ja nostetaan sille varatulle paikalle. Satuloden asennus, purseen poisto, puhdistus ja mittaukset suoritetaan tässä samassa paikassa. Tässä tapauksessa runkokäytävän viimeistely alkaisi vasta 2. koneistusvaiheen jälkeen.

7.6 Runkokäytävän viimeistely paletissa

Lohko on ollut paletissa kiinni piirroituksesta lähtien, välillä hieman kiristysmomenttia pienennetty. Lohkon koneistus alkaa edellisen lohkon 2. vaiheen jälkeen. Tässä vaiheessa on säästynyt yksi hankala kiinnitys ja useita nostoja verrattuna tämänhetkiseen tilanteeseen. Lohko koneistetaan kuten tälläkin hetkellä, paitsi nokkalaakerin tilat ja niiden mukaan mitoitettut sokan reiät jäisivät mahdollisesti seuraavaan koneistusvaiheeseen. Tässä vaiheessa koneistettaisiin runkolaakerin tilat, välihammaspyöränlaakerien tilat, sokan reiät, jotka on mitoitettu näiden mukaan ja pohja koneistetaan myös tässä vaiheessa. Pohjasta ja runkokäytävästä tulisi samansuuntaiset. Myöhemmin tarkastuksessa lohko asetetaan pohjan varaan ja mitataan laserilla runkokäytävän suoruus. Runkokäytävän viimeistelyvaiheessa mitattaisiin koneistetut sokan reiät ja tarkastetaan juuri koneistettujen pintojen karheus. Nämä pitäisi myös kirjata tarkastuslistaan.

7.7 Mahdolliset haasteet

Koneistuksen kanssa tuskin tulee isompia ongelmia. Haastavin ongelma on, ei tiedetä kuinka lohko käyttäytyy, kun siitä koneistetaan ylätaso ja ylätason sivut. Mahdollisesti lohkoissa on joitakin jännityksiä jotka saattavat laueta seuraavan koneistusvaiheen yhteydessä ja aiheuttaa runkokäytävän suoruuteen heittoja. Seuraavan vaiheen ajojärjestystä ja kiinnitystä miettimällä tästä ongelmasta saatetaan päästä.

7.8 Koneistus käyntiasennossa

Tässä vaiheessa lohko irrotetaan paletista ja nostetaan vapaalle toiselle työstökoneen pöydälle. Ensimmäiselle pöydälle nostetaan jälleen 1. koneistusvaihe. Lohkon kiinnitykseen on siis aikaa saman verran kuin 1. koneistusvaihe kestää. Ennen lohkon kiinnitystä, poistetaan runkolaakerin pesistä purseet ja asennetaan ohjaavaan laakeriin ohjauspalat. Kiinnitys tapahtuu hiottujen yhtä korkeiden palojen päälle. Runkokäytävän mukaan koneistettu pohja asetetaan hiottujen palojen päälle. Koneistus tapahtuu muuten samoin kuin perinteisellä tavalla sillä erotuksella, että tässä vaiheessa koneistetaan mahdollisesti nokkakäytävä. Lohkon jäähdytystä on lisättävä aikaisempaan verrattuna, mikä tapahtuu leikkuunestettä lisäämällä. Tarkasti mitoitettut pinnat on syytä koneistaa lopussa, lämmön jo tasaantuessa. Mitattavat ja tarkastuslistaan merkittävät asiat ovat,

- kierrereivät
- tarkasti mitoitettut reiät
- tarkasti mitoitettut upotukset
- pinnan karheus
- koneen geometria.

7.9 Tapa 2 koneistetaan vielä runkokäytävä

Koneistus tapahtuu käyntiasennossa kuten perinteisesti. Lohkosta tarkastetaan tässä vaiheessa samat kuin kohdassa 11.1 ja merkitään tarkastuslistaan. Lohko käännetään ja kuljetetaan toiselle pöydälle, tehdään asetus ja koneistetaan viimeistelyt. Lohkosta koneistetaan tässä vaiheessa vielä runkokäytävä, nokkakäytävä, välihammaspyörän reiät ja sokanreiät näiden

ympäri. Puhtaus tuo isoimmat haasteet näin koneistettaessa. Pöytäänasennus tulee tehdä myös tarkasti mahdollisten koneistuslastujen väliin jäämisen välttämiseksi. Näin koneistettaessa tehdään 1. vaiheen asetus samalla kun koneistetaan runkokäytävän viimeistelyä.

8 ENSIMMÄISEN PESUN POISTAMINEN

8.1 Ensimmäisen pesun ongelmat

Tavallisesti moottorilohko pestään lohkopesukoneessa koneistuksen jälkeen, jotta saataisiin lastut ja leikkuuneste pois lohkoista. Runkolaakerin satuloiden asennuksessa on oltava puhtaat pinnat. Moottorilohkon peseminen tässä kohtaa on kuitenkin aikaa vievää ja asiakas ei ole valmis maksamaan tästä työvaiheesta. Ongelmana tässä on jonotus lohkopesukoneelle ja moottorilohkon lämpeneminen. Lohkopesukoneen pesunesteen lämpötila on noin 60 °C. Moottorilohko lämpenee ja sitä on hankala käsitellä eikä mitään mittauksia pysty tekemään seuraavaan vuorokauteen lämpölaajenemisen takia. Lisäksi pesijöitä ei ole joka vuorokauden aikaan saatavilla. Näistä johtuen moottorilohkon läpimenoaika saattaa pidentyä jopa kahdella vuorokaudella. Edut tämänhetkiseen olisivat, läpimenoaika paranisi jopa 1-2 vuorokautta ja moottorilohko ei lämpenisi.

.

8.2 Puhdistus ilman pesua

Moottorilohko on puhdistettava ennen runkolaakerin satuloiden asennusta. Moottorilohkon puhdistus on mahdollista ilman varsinaista pesuakin, esimerkiksi paineilmalla puhaltamalla, imuroimalla, painepesurilla tai pyyhkimällä räteillä. Nämä olisi helppo toteuttaa eikä vaatisi erityistä pesijää, kuka tahansa voisi tehdä tämän puhdistuksen heti sen jälkeen kun moottorilohko on koneistettu. Näin tehtäessä ei syntyisi jonoja ja moottorilohko olisi valmis seuraavaan työvaiheeseen. Lisäksi moottorilohkon lämpötila pysyisi lähes samana kuin vaadittava mittauslämpötila, n. 20 °C. Puhdistuspaikan tulisi olla lähellä työstökonetta josta löytyy tarvittavat lastukuljettimet ja leikkuuneste. Leikkuunestettä on mahdollista käyttää pesuaineena. Koneistusajojärjestyksellä voidaan vaikuttaa myös puhtauteen. Esimerkiksi satulan pystyruuvienreikien koneistus lopussa helpottaisi kyseisten reikien puhdistusta. Haasteita olisi riittävä puhtaus ja olisi hieman työläämpi.

9 RUNKOKÄYTÄVÄN SATULOIDEN ASENNUS TAPA 2

9.1 Purseenpoisto ja mittaukset

Moottorilohkon 2. vaiheen koneistuksen jälkeen poistetaan purseet ylätasosta, molemmista sivuista ja vapaasta päädyistä. Purseen poisto suoritetaan työstökoneen läheisyydessä jotta kuljetusmatkat olisivat lyhyitä. Mittauksista suoritetaan M60*4- tai M56-sylinterikannenpultin kierteiden tulkkaus, mahdollisesti sylinteriholkin tilojen mittaus ja tarvittaessa hoonaus. Hoonausvälineiden on löydyttävä työpisteestä. Valuvikojen etsintä on tässä vaiheessa myös mahdollista suorittaa joidenkin paikkojen osalta. Mittaustulokset syötetään Wärtsilän tietokantaan QDSM:ään. Näillä toimenpiteillä pitäisi tarkastusajan lyhentyä ja viat saataisiin ajoissa kiinni. Purseen poistoa voidaan tehostaa myös jo koneistuksessa, esimerkiksi vuonna 2004 testattiin vanhalla portaaliijysinkoneella nylonharjaa jolla harjattiin tasot koneistuksen jälkeen. Haasteena silloin oli sotku joka jäi lohkon pintaan. Syy siihen oli vanha työstökone josta ei tullut leikkuunestettä tarpeeksi ja yritettiin harjata ilman nestettä. Nykypäivänä tämä ei olisi enää ongelma. Tämä kuitenkin lisää koneistusaikaa ei siten kannata toteuttaa.

9.2 Satuloiden asennus

Runkolaakerien satuloiden asennus voidaan suorittaa tässä vaiheessa kuten se tälläkin hetkellä tehdään. Ongelmana tässä on satulan sijojen mahdollinen leviäminen, ollaanko pystytty hallitsemaan tätä? Tähän on kiinnitettävä enemmän huomiota ja lohkojen on oltava satulan sijojen osalta toleranssissa. Logistiikka toimittaa oikean määrän satuloita tähän työvaiheeseen. Tilauksen tulisi lähteä koneistajilta leanin mukaisesti. Asennuksen jälkeen moottorilohko menisi vielä viimeistelykoneistukseen, kuten on tämänhetkinen käytäntökin.

10 TARKASTUSKUNTOON LAITTO

Tässä yhdistyy kaksi aikaa vievää työvaihetta yhdeksi vaiheeksi, purseenpoisto ja tarkastuskuntoon laitto. Purseet olisi osaksi poistettu jo tähän vaiheeseen tultaessa, olkoon kyseessä kumpi tapa tahansa. Tämän työpisteen tulee sijaita mahdollisimman lähellä edellistä työvaihetta ja toisaalta lähellä myös seuraavaa eli tarkastuspistettä. Tässä työvaiheessa tulee olla selkeät työohjeet, koska on viimeinen vaihe ennen tarkastusta ja tämä on yksi läpimenoajan kannalta oleellinen työvaihe. Viimeiset tarkastukset tehdään tässä työvaiheessa. Runko- ja nokkakäytävien halkaisijat mitataan ja kirjataan Wärtsilän tietokantaan. Mahdolliset käsin tehtävät korjaukset tehdään myös tässä. Tämä tarkoittaa laatutarkastuslistan läpikäymistä. Kaikkien reikien halkaisijat pitäisi olla jo tiedossa, joten pieneksi jääneet reiät voidaan hoonata oikeaan mittaan. Laatutarkastuslistaan on koottu mahdolliset virheet aikaisemmilta työvaiheilta joita ei ole voinut korjata tai olisi ollut kallista ja aikaa vievää. Tällainen virhe olisi esimerkiksi kierretapin katkeaminen kesken koneistuksen.

11 LOHKON TARKASTUS

11.1 Muutos vanhaan

Moottorilohkosta tarkastetaan ja dokumentoidaan runko- ja nokkakäytävien suoruudet ja välimitat, kuten sylinteritasauksesta runkolaakeripesään, valuviat niiltä osin jotka ovat jääneet tarkastamatta ja muut hankalat mittaukset. Tarkastuksesta jäävät pois sellaiset mittaukset ja tarkastukset jotka voidaan sisällyttää aikaisempiin työvaiheisiin ja pystytään korjaamaan siinä vaiheessa missä virhe on tapahtunut. Virheiden ei pitäisi päästä näin pitkälle vaan on jo korjattu aikaisemmin. On otettava leanin mukainen nolla-virhe ajattelu käyttöön, kukaan ei päästä oman vaiheensa ohi virhettä. Koneistusvirhe, joka huomataan vasta tässä, saattaa hidastaa läpimenoaikaa paljonkin jos lohko palaa esimerkiksi takaisin koneistukseen. Tämä työpaikka jäisi lähinnä dokumentaatiopaikaksi vanhan tarkastuspaikan sijaan.

11.2 Dokumentaatiopaikat

Lohkon dokumentaatiopaikkoja tulisi olla 2, toisella tarkastetaan ja toisella puretaan runkolaakerin satulat ja viimeistellään runkokäytävä purun jälkeen. Toisen paikan tulisi olla tyhjänä aina kun lohko valmistuu tarkastukseen. Ideana on se, että lohko puretaan tarkastuspaikalle eikä kuljeteta purettavaksi toiselle paikalle. Hankalat siirrot jäävät pois. Lohko ainoastaan käännetään paikallensa ympäri. Lohkon tarkastaja voi tarkastuksen jälkeen alkaa purkamaan lohkoa. Aikaisemmin tarkastaja jäi odottamaan seuraavaa lohkoa. Toinen vaihtoehto olisi pitää vain yhtä dokumentaatiopaikkaa ja kuljettaa lohko tämän jälkeen purettavaksi pesukoneen lähelle.

12 LOHKON PURKU JA VIIMEISTELY

12.1 Purku ja viimeistely

Lohko puretaan ja viimeistellään mahdollisimman pian tarkastuksen jälkeen jotta saadaan tyhjä paikka seuraavalle lohkolle. Purkuun voidaan tulevaisuudessa miettiä löytyykö parempia työkaluja jolla voidaan nopeuttaa työvaihetta, esimerkiksi nostotyökalu jolla saataisiin esimerkiksi kaikki runkolaakerin satulat kerralla nostettua pois.

12.2 Loppupesu

Lohkon runkolaakerien purun jälkeen lohko kuljetetaan lohkopesukoneelle. Pestään kuten tähänkin asti on loppupesu tehty sillä erotuksella, että tämä on nyt ainut varsinainen pesukoneella tehtävä pesu. Pesu on tehtävä huolellisesti ja on kuitattava tarkastuslistaan. Loppupesua ei voi jättää pois vaikka se ei varsinaisesti olekaan asiakkaan näkökulmasta tuottavaa työtä. Sitä on kuitenkin mahdollista kehittää monellakin tavalla. Lohkokoneistuksessa oleva pesukone on vanha, hidas ja epävarma. Pesijöitä ei ole aina paikalla joka tuo omaa epävarmuutta. Lean-solussa pesijän tulisi löytyä mihin aikaan tahansa koska kaikkien on osattava pestä lohko. Lohkopesukone on tällä hetkellä yksi herkimmistä paikoista johon saattaa kertyä jonoa, eli monitaitoisessa lean-solussa pesijä löytyy aina, eikä jonoja pääse syntymään. Lohkokoneistuksessa pitäisi olla myös paikka jossa lohkot voidaan pestä käsin painepesurilla. Lohkopesukone sitoo yhden työntekijän pesun ajaksi pesukoneelle, pesu voi kestää jopa tunteja.

Wärtsilässä on mietitty uutta pesusysteemiä, mahdollisesti robotteja, jotka pesemisen lisäksi tekisivät muutakin, kuten purseen poistoa ja joitakin asennustöitä. Vaihtoehtoina näkisin tähän edellisten lisäksi myös uuden automatisoidumman pesukoneen, joka ei vaatisi miehitystä ja asetus pesukoneelle olisi vaivaton ja nopea. On kuitenkin tarkasti huolehdittava, ettei lohko jää odottamaan pitkäksikin ajaksi loppupesua. Työ ei ole asiakkaan näkökulmasta tuottavaa, mutta on kuitenkin jollain tavalla tehtävä, eli siihen ei saisi uhrata liikaa aikaa.

12.3 Runkolaakerinsatuloiden loppupesu

Satulat kuljetetaan purun jälkeen pesukoneelle, joka on tarkoitettu pienempien osien puhdistukseen. Satuloiden purseenpoisto voidaan suorittaa pesukoneen alueella ennen varsinaista pesua. Tässä työvaiheessa on varmasti riittävästi aikaa suorittaa purseenpoisto satulasta. Satuloiden purseenpoisto voidaan suorittaa myös satuloiden irrotuksen yhteydessä jos on 2 työntekijää tekemässä tätä työvaihetta. Satulan toimittajien olisi tehostettava tarkastusta. Satuloille on toimittajan tehtävä silmämääräinen tarkastus, jotta tässä vaiheessa ei löytyisi enää valuvikoja satulasta. Havaittu valuvika aiheuttaa läpimenoaikaan paljon lisääaikaa ja koko ketju saattaa häiriintyä. Runkolaakerin satulat on suojattava öljyllä ennen kuin ne asennetaan lohkoon, ruosteen poisto on turha työvaihe tässä kohtaa.

13 KOEPONNISTUS

13.1 Lopputarkastus pois

Lopputarkastusta on syytä miettiä, tarvitaanko sitä nykyisessä muodossa. Tarkastetaan korjatut viat ovatko ne korjattu, eli turhaa ja tuottamatonta työtä. Tässä vaiheessa lohkoista ei saisi löytyä vikoja, koska tarkastusta on lisätty lähes joka vaiheeseen. Voimme todeta lopputarkastuksen turhaksi ja aikaa vieväksi tuottamattomaksi työksi. Ainoastaan loppupesun jälkeen saattaa näkyä jotkut valuviat paremmin, nämä voitaisiin tarkastaa edelleen tässä kohtaa.

13.2 Koeponnistus

On 2 vaihtoehtoa koeponnistuspaikoille, toinen siellä missä tälläkin hetkellä koe ponnistetaan josta varataan 1 paikka Kolbilla koneistetuille lohkoille. Toinen paikka olisi lähellä Kolb-työstökonetta jossa olisi kaikki muukin solun toimita. Molemmissa vaihtoehdoissa on omat hyvät ja huonot puolensa. (**Taulukko 3.**) Koeponnistuksessa on joitakin työvaiheita joista voisi mahdollisesti päästä eroon. Sylinteriholkkien mittaus esimerkiksi, voisiko toimittaja mitata holkit valmiiksi ja tehdä niistä pöytäkirjan. Haasteena tässä tapauksessa olisi jos holkki sattuisi jäämään vinoon, kuinka se todettaisiin. Vesirenkaat voisi mahdollisesti kiinnittää kahdella vaarnaruuvilla neljän sijaan. Luokituslaitoksen edustaja olisi mahdollista tilata ajoissa paikalle, saattaa joskus tulla kauempaakin. Lisäksi logistiikka voisi toimittaa pulssivaimentimen kiinnitysraudat jokaiseen lohkoon erikseen, JOT.in mukaisesti. Joitakin tulppia ja ruuveja voitaisiin asentaa etukäteen lohkoon, esimerkiksi pitkien kanavien sivuilla olevat peltitulpat voitaisiin asentaa pesijän toimesta loppupesun jälkeen. Pesijä huolehtisi myös tämän kanavan puhtauden tarkastuksesta. Voitaisiin myös asentaa joitakin ruuveja jo ennen pesua, kuten sentry-reikien ruuvit. Koeponnistuksessa tultaisiin tulevaisuudessa asentamaan myös välihammaspyörän holkit ja nokkalaakerin holkit paikalleen. Tämä vaatisi uuden pakastimen hankkimista.

Taulukko 3. Koeponnistuspaikkojen vertailua.

Koeponnistus nykyisessä paikassa	Koeponnistus lähellä Kolb solua
Pesukoneelta lyhyt matka siirtää lohko	Lohkolla lyhyt matka ulos
Työstökoneet kauempana joten helpompi pitää puhtaana pölystä	Kaikki on lähempänä
Tila valmiina	Uusi paikka, mahdollisuudet tehdä paikasta parempi.

14 JALOSTUSTASON NOSTAMINEN

14.1 Runkolaakeriliuskojen asennus

Runkolaakerin liuskat asennetaan samassa paikassa jossa koeponnistus suoritetaan, eli lohko käännetään ympäri samaan paikkaan. Haasteita tähän tuo lohkokoneistuksen puhtaus linjakokoonpanoon verrattuna, lisäksi suojaus varastointiaikana nämä kohdat on käytävä läpi huolellisesti. Kuitenkin näin tehtäessä hallitaan paremmin laatua, joka lähtee lohkokoneistuksesta eteenpäin. Joskus kokoonpanolinjalla suoritettava NIP-mittaus tuo esille jos laakeriliuska ei asetukaan niin kuin pitäisi. Tällöin on satula yleensä lohkokoneistuksessa asettunut väärin jo ennen runkokäytävän viimeitelykoneistusta. Tämän kaltaisen virheen tapahtuessa joudutaan kuljettamaan lohko takaisin lohkokoneistukseen ja asennetaan uusi runkolaakerin satula ja koneistetaan huonosti asettunut satula uudelleen. Tähän saattaa kulua aikaa useita päiviä ja on hankala korjata. Jos lohkoon tehdään NIP-mittaus jo lohkokoneistuksessa, ei virhe pääsisi kokoonpanolinjalle asti ja heiltä siirtyisi yksi työvaihe pois. Wärtsilässä on mietitty joitakin vaihtoehtoja lohkojen varastoinnin varalle, eräs minun mielestäni hyvä vaihtoehto olisi jättää satulat liuskoineen lohkoon varastoinnin ajaksi. Toinen mielestäni hankalampi vaihtoehto olisi irrottaa satulat lohkosta säilytyksen ajaksi ja suojata ne hyvin kaikelta mahdolliselta.

14.2 Muuta jalostamista

Satulan pystyruuvit pitäisi jättää lohkoon kiinni eikä irrottaa, niin kuin tällä hetkellä tehdään. Voidaan myös miettiä pienempien vaarnaruuvien kiinnittämistä valmiiksi linjakokoonpanoa varten.

15 ERI VAIHTOEHTOJEN VERTAILUA

Tämän työn tavoitteena oli puolittaa läpimenoaika. Leanin mukaan on poistettava turhaa työtä, ylituotantoa, pyrittävä ohennettuun virtaukseen ja virheitä ei saisi päästää seuraavaan työvaiheeseen. Leanissa on toki paljon muutakin näiden lisäksi, mutta lähdin ratkaisemaan työssäni lähinnä näitä haasteita. Ongelmana tuntuu olevan verstaalla oleva keskeneräinen tuotanto joka odottaa seuraavaa työvaihetta. Jossain työvaiheessa on välillä useampiakin henkilöitä työssä vaikka kyseisessä työvaiheessa ei olisikaan työtä tarjolla ja vastaavasti jossain työvaiheissa on työntekijöitä poissa töistä vaikka töitä olisi tarjolla. Leanin mukaan kuitenkin työtä pitäisi tehdä siellä missä sitä on. Jonoja ei juurikaan pääsisi syntymään työvaiheille ja monitaitoisuus kasvaisi. Turhia työvaiheita on 1. pesu ja lopputarkastus jotka jätin pois tästä työstä. Laatua sisällytetään paremmin joka työvaiheeseen. Purseen poistoa tapahtuu myös lähes joka alkupään vaiheessa. Olisi myös hyvä käydä läpi onko purseen poistossa mahdollista jättää jotain myös pois. Turha ylilaatu myös vaikuttaa läpimenoaikaan hidastavasti. Vanhoja vaiheajoja on hankala verrata näihin minun ehdottamiin työnkuvamalleihin koska näitä ei ole vielä kelloitettu. Uskon kuitenkin läpimenoajan puolittuvan jos saamme leanin perusasiat kuntoon eli laatu ja ohennettu virtaus. **(Taulukko 4.)**

Taulukko 4. Erilaisten läpimeno mallien vertailua

Nykyinen	Tapa 1 (ehdotus)	Tapa 2 (ehdotus)	Tapa 3 (ehdotus)
Piirroitus	Kiinnitys	Piirroitus	Piirroitus
Kiinnitys	Nosto	Kiinnitys	Kiinnitys
Nosto	Koneistus 1. vaihe	Nosto	Nosto
Koneistus 1. vaihe	Purseenpoisto 1. vaihe	Koneistus 1. vaihe	Koneistus 1. vaihe
Nosto	Puhdistus	Nosto	Nosto
koneistus 2. vaihe	Satuloiden asennus	Purseenpoisto 1. vaihe	Purseenpoisto 1. vaihe
Nosto	Koneistus 3.vaihe	Puhdistus	Nosto
1. pesu	Nosto	Satuloiden asennus	koneistus 2. vaihe
Nosto	Koneistus 2. vaihe	Nosto	Nosto
Purseenpoisto	Nosto	Koneistus 2. vaihe	Puhdistus
Satuloiden asennus	Purseenpoisto 2.vaihe	Nosto	Satuloiden asennus
Nosto	Puhdistus	Koneistus 3.vaihe	Nosto
Koneistus 3. vaihe	Tarkastus kuntoon laitto	Nosto	Koneistus 3.vaihe
Nosto	Nosto	Purseenpoisto 2.vaihe	Nosto
Tarkastus kuntoon laitto	Tarkastus	Puhdistus	Purseenpoisto 2.vaihe
Nosto	Satuloiden purku	Tarkastus kuntoon laitto	Puhdistus
Tarkastus	Nosto	Nosto	Tarkastus kuntoon laitto
Nosto	Pesu ja tulppien asennus	Tarkastus	Nosto
Satuloiden purku ja viimeistely	Nosto	Satuloiden purku	Tarkastus
Nosto	Holkkien asennus	Nosto	Nosto
2. pesu	Sylinteri holkkien asennus	Pesu ja tulppien asennus	Satuloiden purku
Nosto	Koeponnistus	Nosto	Nosto
Lopputarkastus	Laakeri liuskojen asennus	Holkkien asennus	Pesu ja tulppien asennus
Sylinteri holkkien asennus	Nosto rekan lavalle (valmis)	Sylinteri holkkien asennus	Nosto
Koeponnistus		Koeponnistus	Holkkien asennus
Nosto rekan lavalle (valmis)		Laakeri liuskojen asennus	Sylinteri holkkien asennus
		Nosto rekan lavalle (valmis)	Koeponnistus
			Laakeri liuskojen asennus
			Nosto rekan lavalle (valmis)

16 VUOROJÄRJESTELMÄ

16.1 Miehitys kuhunkin tehtävään

Tahtiaikoihin olen käyttänyt Wärtsilä 9L32-moottorilohkon mitattuja työtutkimusaikoja. Wärtsilä 9L32 on lähinnä eri mallien keskiarvoa ja soveltuu tämän vuoksi hyvin tähän. Lohkoja pitäisi valmistua maksimissaan 4/viikko tahtia. Miehitys on laskettu tämän mukaan. **(Taulukko 5.)** Taulukosta on nähtävissä 46 tuntia ylimääräistä aikaa, eli yhteensä näyttäisi riittävän 15 työntekijää 16 sijaan. Alussa voidaan aloittaa 15 työntekijällä ja katsoa myöhemmin mihin tarvitaan se 1 lisää. 15 työntekijällä jää kuitenkin liian vähän pelivaraa jos joka viikko valmistuu 4 lohkoa. Koneistuksessa on yövuoroissa 2 työntekijää ja muissa vuoroissa 1 ainoastaan. Yövuoron toisen koneistajan tehtävä voisi olla koneistuksen lisäksi lohkojen siirtäminen, yövuorossa lohkot olisivat siirtyneet aamuvuoroa varten niille varatuille paikoille, tai jos aamu- tai iltavuorossa olisi jokin työ jäänyt kesken, voisi sen tehdä loppuun.

Taulukko 5. Miehitys Kolb Pentamat lean soluun

	Vaadittava aika	Työntekijöitä	aamu	Ilta	yö	aamu vkl.	yö vkl.	tehdyt tunnit	Erotus
Koneistus	168	7	40	40	40	24	24	168	0
Piirroitus	32	1	40	0	0	0	0	40	-8
Purseen poisto+ satuloiden asennus	34	1	40	0	0	0	0	40	-6
Purseen poisto+ tarkastuskuntoon	22	1	0	40	0	0	0	40	-18
tarkastus+purku+ pesu	70	2	0	40	0	24	0	64	6
Koeponnistus+ asennustyöt	124	4	80	40	0	24	0	144	-20
Yhteensä	450	16	200	160	40	72	24	496	-46

16.2 Työtehtävän työnkuvaus

Lean-solussa työntekijän on joustettava erilaisten työtehtävien mukaan. Jokaisen työtehtävän sisältö on kuitenkin määritelty erikseen. (**Taulukko 6.**)

Taulukko 6. Työtehtävien kuvaus.

Työtehtävä	Työnkuvaus
Piirroitus	Lohkon työvarojen mittaaminen, kiinnitys palettiin, koneistajan auttaminen asetusten kanssa ja lohkon siirrot.
Koneistus	Kaikki koneistukseen kuuluvat työt, asetukset, työkaluhuollot, mittaukset ja yms.
Purseen poisto+ satuloiden asennus	Purseenpoisto 1. vaiheessa, mahdolliset korjaukset, mittaukset, puhdistus, lohkon siirrot ja satuloiden asennus
Purseen poisto+ tarkastuskuntoon	Purseenpoisto 2. vaiheessa, mahdolliset korjaukset mittaukset, puhdistus, lohkon siirrot ja lohkon viimeistely tarkastus valmiiksi
tarkastus+purku+ pesu	Lohkon dokumentointi, purkaminen, lohkon pesu ja lohkon siirrot
Koeponnistus+ asennustyöt	Sylinteriholkkien asennus, tiiveystarkastus, laakeriliuskojen asennus, satuloiden pesu ja lohkon siirrot

16.3 Kehitysehdotuksia

Jokainen työvaihe voitaisiin käydä tarkasti läpi, mitä me teemme liian tarkasti ja onko se tarpeellista? Varsinkin purseen poistotyövaihe on aikaa vievää ja sitä pitäisi kehittää tai käydä läpi onko jotain mahdollista poistaa. Mittaus työpisteille tulisi rakentaa tehokkaimmiksi, esimerkiksi pöytä missä mitat on samassa järjestyksessä kuin mittaaminen etenee. Lisäksi solun pitäisi ohjautua tulevaisuudessa paremmin itse. Voisiko se olla esimerkiksi selkeämpi ohjaustaulu tai voisiko joku työntekijä olla vuorovastaava? Toyotalla toimitaan näin, siellä on työnjohtajan ja työntekijän välissä henkilö joka katsoo työt vuoron alussa ja osallistuu itse myös työntekoon. /3/

LÄHTEET

- /1/ Wärtsilä kotisivut. Viitattu 26.2.2014 <http://wartsila.com>.
- /2/ Tuominen, K 2010. Lean. kohti täydellisyyttä. Helsinki. Readme.fi.
- /3/ Liker, J. 2006. Toyotan tapaan. Helsinki. Readme.fi.

Tarkastuslista W6L32

Moottorilohkon malli		Moottorilohkonnumero		Vaihe 1
Lisäporaukset				
Paikka	Mittaja	Päivämäärä	Tulos	QDSM
Tasopinnat x-suunta				
Pinnan karheus				
koneistus pykälät				
Tasopinnat y-suunta				
Pinnan karheus				
koneistus pykälät				
Tasopinnat z-suunta				
Pinnan karheus				
koneistus pykälät				
avarrin 45H8				
M10				
M8				
M18*1,5				
M12*1,5				
M12				
M16				
M30*3,5				
pora D50.5/D58				
M56				
M6				

LIITTEET 2 / 6

M12*1				
kaapelireiät 5,5				
Satulansijat				
50H7				
yleistarkastus				

Moottorilohkon malli		Moottorilohkonnumero		Vaihe 2
Lisäporaukset				
Paikka	Tekijä	koska	Tulos	QDSM
Tasopinnat x-suunta				
Pinnan karheus				
koneistus pykälät				
Tasopinnat y-suunta				
Pinnan karheus				
koneistus pykälät				
Tasopinnat z-suunta				
Pinnan karheus				
koneistus pykälät				
Pora D50.5/D58				
Sylinteriholkintilat				
M56				

LIIETTEET 3 / 6

Tasaus D48				
Upotus D136,5				
M26*1,5				
95H8				
119H8				
109H8				
70H8				
M16*1,5				
Tasaus D27				
Tasaus D19,1				
M12*1,5				
12K7				
Kaapelireiät 5,5				
M33*2				
M20				
M22*1,5				
M16				
M12				
M10				
M8				
M6				
M18*1,5				
8K8				
16K7				
355H7				

LIITTEET 4 / 6

120 ($\pm 0,03$)				
206H7				
VHP 206H7				
yleistarkastus				
Muuta				



